

Las ciencias duras en la Escuela Media

Una experiencia particular mediante el uso de la simulación

J. RAÚL GRIGERA*#, CARLOS FEDERICO*

ANA LIA CRIPPA* Y SILVIA GOENAGA*

* Colegio Nacional "Rafael Hernández"

IFLYSIB y Departamento de Ciencias Biológicas, U.N.L.P.

La problemática general

Pocas dudas caben, desde el punto de vista del contenido curricular en la escuela primaria y media, que la Ciencia debe ocupar un espacio adecuado. Dentro del término Ciencia, en un amplio sentido de la misma, están incluidas las Ciencias duras. Estas han representado desde los primeros tiempos de la humanidad -con sus características particulares de cada momento histórico- uno de los factores fundamentales en el desarrollo intelectual y práctico del hombre. La necesidad de una formación científica adecuada resulta en nuestros tiempos un elemento básico de la cultura. Requerimiento que no solo se aplica a aquellos que harán de su estudio su profesión sino también -y especialmente- para quienes se orienten hacia otros campos del conocimiento. Este punto es sumamente importante y, lamentablemente, no siempre considerado apropiadamente. La formación científica, en términos de una adecuada comprensión de la metodología de las ciencias duras, es de importancia para ampliar nuestro bagaje cultural, aplicar su método en las situaciones apropiadas y conocer los alcances que tendría su difusión en el contexto político-social de un país. Resulta evidente que aquellos alumnos que aspiran a una carrera dentro del ámbito de las ciencias duras deberán, en alguna etapa de sus estudios asimilar la problemática, so pena de fracasar en su intento. Sin embargo, aquellos que se orienten a las ciencias humanas no tendrán oportunidades de profundizar en el campo y sus ideas sobre la investigación no estarán ajustadas a la realidad, a menos que motivados especialmente busquen completar su formación. Es en la escuela

media donde deben darse los principios básicos que permitan una clara comprensión de la cultura en su más amplio sentido.

En el momento actual la educación aparece bombardeada por multitud de opiniones y presiones desde los más diversos ámbitos y parecería que la opinión generalizada es que debe volcarse a una enseñanza de índole práctica. La técnica debe ocupar un papel preponderante, los alumnos deben tener una «salida laboral», que significa saber hacer algo predeterminado. En este punto es claro que los educadores debemos participar activamente en la discusión e intentar transmitir lo que resulta una verdad evidente. El avance vertiginoso de la tecnología hace que lo que sabemos hacer hoy desde un punto de vista esencialmente práctico es totalmente obsoleto en corto tiempo. Una educación «práctica» es aquella que nos brinda conocimientos básicos que nos permitan captar la esencia de los cambios. En términos de enseñanza de las ciencias duras el desarrollo del pensamiento abstracto (de necesidad para cualquier actividad del hombre) y la metodología de investigación son las bases para poder adquirir cualquier conocimiento futuro. Para el primero no cabe dudas que la Matemática es la herramienta fundamental y su estudio *puede* estar desprovisto absolutamente de aplicaciones en tanto que proponga y obtenga un entrenamiento y un desarrollo del razonamiento abstracto de los alumnos.

Tomemos, por ejemplo, la enseñanza de la Física, Química y Biología. Una rápida mirada a los resultados de encuestas sobre el particular¹ revela dificultades de índole metodológico de implementación. No escapa al problema el hecho que las ciencias duras no forman parte de nuestra cultura. Esta situación no se circunscribe a la Argentina sino que se extiende en general a Hispanoamérica. Si la Cultura es el conjunto de conocimientos, actitudes y organización social de un pueblo, resulta claro que nuestra afirmación no es en nada arriesgada. Una persona 'culto' en nuestro medio debe saber algo de historia, música, literatura, política y teatro. Su conocimiento de ciencia, cualquiera sea esta, es totalmente superfluo. Snow en 'Las dos Culturas'² menciona que si preguntamos a un no-científico sobre la segunda ley de Newton probablemente no la conozca. La pregunta equivalente a un científico debería ser: ¿Sabe usted leer? Snow se desenvolvía en un medio bien diferente y si en la Inglaterra de principios de siglo existía una brecha entre 'las dos culturas', en Hispanoamérica la situación actual es comparable o aún peor.

La problemática de la enseñanza de las ciencias duras no es un aspecto específico de nuestro país ni de Latinoamérica sino también de los países desarrollados. En esos casos las dificultades no pasan por aspectos presupuestarios sino en cuanto a criterios claros y definidos sobre la metodología apropiada. En nuestro país tenemos la triste adición de los problemas, incluida la incomprensión general -con las afortunadas excepciones- de quienes acceden a los niveles de conducción y los «formadores de opinión».

La revisión del contenido curricular y metodológico surge como una necesidad imperiosa si pretendemos que las próximas generaciones no resulten completamente analfabetas en una de las áreas del conocimiento -la ciencias duras- que está llamada a jugar un papel primordial en el futuro del Hombre. Si bien esta aseveración resulta una verdad evidente, no lo es la respuesta ¿cuál será entonces el contenido curricular apropiada y cuál la metodología eficiente? La respuesta, además de difícil, puede no ser única.

Sin pretender que la solución al problema radique en la propuesta que implementamos, exponemos en este trabajo una alternativa para la enseñanza de algunas de las ciencias duras.

Los aspectos particulares

El objeto de la experiencia que proponemos es utilizar una metodología que ayude a incentivar el espíritu creativo y el enfoque realmente científico de los problemas, no solo mediante el desarrollo de las habilidades racionales sino también intuitivas, frecuentemente ignoradas en el campo de la enseñanza de las ciencias duras y fundamentales para la creatividad. Una de las ideas subyacentes es que la investigación científica ataca la solución de problemas cuya solución no se conoce lo que la diferencia claramente de la tecnología. Si se puede transmitir a los alumnos al menos parte de esa actitud y metodología, estaremos dándole una herramienta mucho más poderosa que una colección de conocimientos, por muchos que éstos sean.

La simulación numérica se ha convertido en 'el tercer método de la Ciencia'³ complementando los aportes experimentales y teóricos en la Física, Química y Biología. Desde el punto de vista de su aplicación a la investigación científica, la

simulación resulta un valioso auxiliar para analizar situaciones de difícil -o imposible- experimentación, demostrando un poder predictivo sorprendente^{4/5}.

Uno de los enfoques más característicos de las propuestas de enseñanza de las ciencias en la escuela media consiste en estimular el interés a través de la experimentación. Esta punto de vista, en principio sumamente interesante, choca con serias dificultades de implementación. Cuando se trata de experiencias simples la metodología es indudablemente provechosa. Sin embargo, el rango de temáticas que se pueden encarar mediante experiencias simples limita el alcance deseable de aspectos a desarrollar en el período de la escuela media. Cuando se requieren experiencias complejas el factor limitante no es sólo económico. Una experiencia compleja implica un conocimiento profundo de su diseño. Su factor didáctico no solamente puede estar disminuido sino que puede llegar a ser inútil y hasta contraproducente.

La simulación numérica permite encarar situaciones de alta complejidad. La pregunta inmediata es si la simulación posee las dificultades enunciadas de los experimentos de alta complejidad, u otras que contribuyan a desaconsejar su uso.

Con estas premisas hemos encarado la experiencia que describimos a continuación.

La propuesta

Una posibilidad inmediata es el uso de programas de simulación, ya sean preexistentes o diseñados específicamente, en cursos con un curriculum definido. Esta propuesta no es nueva^{6/7} y, sin negar las ventajas que pudiera tener, se descartó considerando que:

1. Existen otros proyectos que hace uso de esta alternativa.
2. Requeriría una inversión considerable.
3. No se trata de una actividad creativa tal al nivel que se pretende.

Uno de los objetivos básicos que se pretende lograr es la transmisión del *método científico* no como un planteo formal sino como ejercicio práctico en problemas reales. Se plantea, por lo tanto, que los propios alumnos diseñen y ejecuten la simulación de diversos problemas.

Características de los alumnos participantes

La experiencia se aplica con alumnos de quinto año del Colegio Nacional 'Rafael Hernández'. En el curriculum del Bachillerato de dicho Colegio existe, en el quinto año, una materia cuatrimestral denominada 'Introducción al Conocimiento y la Investigación Científica', con cuatro horas semanales durante un cuatrimestre. Dentro del marco de esa materia se constituye cada cuatrimestre un curso especial con alumnos que voluntariamente optan por la alternativa.

Dado que, cualquiera que sea la temática particular, la simulación encarada requiere generalmente en la solución de las ecuaciones del movimiento de un sistema mecánico, resulta esencial el conocimiento previo de Física y Matemática. Al respecto, la formación previa de los alumnos consiste en:

6 horas durante un cuatrimestre

Número de alumnos participantes:

Segundo cuatrimestre de 1993	12
Primer cuatrimestre de 1994	18
Segundo cuatrimestre de 1994	21

Temáticas consideradas

Hasta el momento se han desarrollado los siguientes temas:

1. Simulación de un sistema de una esfera rígida en una caja con paredes rígidas.
2. Simulación de múltiples esferas rígidas en una caja con paredes rígidas
3. Simulación de una esfera rígida en una caja con tres paredes fijas y una abertura que se puede cubrir con una barrera móvil (juego del 'frontón').
4. Simulación de una esfera elástica bajo efecto de la gravedad, con o sin velocidad inicial, con o sin roce, que choca con el piso.
5. Simulación de un gas con interacción de tipo Lennard-Jones.
6. Simulación analógica de un sistema de riego mediante el uso de analogía eléctrica.

Los temas 1, 3 4 y 6 se completaron en todos sus aspectos. El tema 6 es, en cierta medida, atípico en cuanto a la temática desarrollada en el resto pero perfectamente encajada dentro de la metodología general.

Método de evaluación de los alumnos

La evaluación de los alumnos se realiza mediante:

1. Evaluación 'tradicional' sobre los temas de formación general del curso (Comentario de textos sobre política científica, educación y ciencia, etc.)
2. Presentación de partes de avance del proyecto a cargo de cada grupo.
3. Presentación y defensa del informe final del proyecto.

Metodología de trabajo áulico

El método consiste en la discusión de los problemas en forma general y la orientación global de la tarea a realizar sin pormenorizar ni dar información excesiva. El objeto es esencialmente plantear los problemas y discutir la metodología de la solución pero dejar al alumno la búsqueda de la misma, incluyendo la investigación de la bibliografía necesaria. Algunos temas, ausentes en los cursos previos -tales como los conceptos sobre potenciales de interacción intermolecular- se exponen en sus ideas básicas. Se trata de lograr un clima de trabajo relajado que estimule la opinión libre y permita llegar a propuestas de solución mediante la discusión colectiva. La actividad interdisciplinaria es estimulada en la medida de lo posible.

Evaluación de la experiencia

La experiencia se ha llevado a cabo hasta el momento durante dos cuatrimestres. Consideramos que es aún un período muy corto como para extraer conclusiones generales, sin embargo se pueden analizar los resultados parciales.

En primer término, se puede concluir que los conocimientos desarrollados por los alumnos durante los cuatro años anteriores son suficientes como para llevar a delante el proyecto. Esto pone en el tapete una pregunta importante ¿sería posible trabajar con un proyecto similar, basado en conocimientos imprescindibles, sin el desarrollo 'tradicional' de los mismos en años anteriores?.

La mayoría de los alumnos no son capaces de programar. Eso hace que, en muchos casos, no se pueda completar el trabajo a nivel del producto final. No obstante, la propuesta de trabajo en equipo, con la estructura de un equipo real de investigación, permite muchas veces llegar a obtener un resultado como producto de una verdadera interacción de trabajo.

Las opiniones de los alumnos coinciden en indicar que han podido acercarse a la metodología de la ciencia, uno de los objetivos principales del curso. La necesidad de interrelacionar conocimientos de diferentes disciplinas parecería ser uno de los puntos que más impactan a los estudiantes. En general, en las encuestas hacen hincapié en que el curso les permitió pensar y mostrarles la posibilidad de resolver problemas que, a primera vista, resultaban excesivamente difíciles.

Frente a la pregunta sobre su opinión del nivel de acuerdo con la formación previa la mayoría contestó que era muy elevado. Sin embargo, el rendimiento estuvo por encima de las expectativas, lo que muestra un preconceito de la falta de formación que no condice con la realidad. Por otra parte, en lo que hace a la opinión libre sobre el curso éste aspecto aparece irrelevante. Sin ánimo de listar todas las opiniones mostraremos algunas de las respuestas ante la pregunta: ¿Que obtuvo del curso?

- «- Nuevas experiencias. Una mejor formación en Física y razonamiento y empleo de problemas particulares a lo cotidiano.
- «- Que cuando uno tiene que resolver algo lo que tiene que hacer es insistir y explotar los pequeños lapsos de inspiración al máximo para alcanzar cualquier objetivo.
- «- La facilidad de abordar un tema según nuestro método.
- «- Me informé mas sobre lo que pasa con la ciencia.
- «- Los contenidos me parecieron muy interesantes y útiles. Nos enseñó a investigar por nuestra cuenta
- «- Otras perspectivas sobre lo que es la ciencia, como encarar cosas antes incomprensibles, un mayor campo de información y formación y la libertad necesaria para poder proceder.
- «- La posibilidad de pensar.
- «- Se obtiene la experiencia de trabajar en una materia que es una interrelación

de otras (física, biología, computación) que hasta ahora no había tenido ya que las demás materias son muy cerradas.

« La posibilidad de hacer cosas que en otra materia nunca hubiera hecho.

También se les preguntó si aconsejaría a otros alumnos seguir la experiencia. Todos contestaron que sí. Reproducimos algunos de los argumentos en favor:

- « Sí, porque es diferente la metodología y resulta muy interesante.
- « Sí, porque pienso que sirve para cambiar la perspectiva de enfrentar a algo desconocido que normal y popularmente se lo apoda 'difícil'.
- « Sí, porque nos ayuda a pensar, a trabajar solos y proponer cosas *sin que nos digan que está mal y tenemos un uno*¹ y lo importante aquí es el método con el que podemos llegar a un resultado
- « Sí, me gusta la manera o el ambiente de la clase porque incentiva al alumno a crear en todo sentido.
- « Sí, porque es muy interesante y nuevo y creo que muchos deberían seguir la experiencia para que lo comprueben.
- « Sí, yo lo aconsejaría porque permite utilizar conocimientos que en un principio parecen no relacionarse,

Las principales dificultades se plantean con relación al tiempo disponible y al número de alumnos que pueden atenderse. Un número de 15 alumnos parecería ser el óptimo, lo que no está de acuerdo con la relación docente-alumno establecida en la planta. En la experiencia si bien participan cuatro profesores la atención directa de los alumnos está únicamente a cargo de uno de ellos. El desarrollo del curso requiere una formación científica elevada. La difusión de la propuesta, que parece ser altamente positiva, requeriría la formación de nuevos docentes. Esta formación sería posible si se contara con recursos suficientes como para permitir la participación de docentes en formación en el dictado del curso.

Agradecimientos

Queremos agradecer a la Fundación Antorchas por el subsidio que hizo posible la realización de éste trabajo. J.R.G. es Miembro de la Carrera del Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Bibliografía

¹Programa Mundo Nuevo *Serie Pedagógica*,
Facultad de Humanidades UNLP 1, 59 (1994)

²Snow C.P. *The Two Cultures and the Scientific
Revolution*. Cambridge University Press,
Cambridge 1960.

³Binder K. and Heerman D.W. *Monte Carlo
Simulation in Statistical Physics*. Springer
Verlag, Berlin 1992.

⁴Grigera J.R. *J.Chem Soc. Faraday Trans 1* 84,
2603 (1988)

⁵Franks F, Dodok J., Ying S. and Kay R.L.,
Grigera J.R. *J.Chem Soc. Faraday Trans.*
87, 579 (1991).

⁶Vidal de Labra, J.A., Romero Ayala Fy Requena
Rodríguez A. *Enseñanza de las Ciencias* 100
(1985).

⁷Valente M. y Neto A.J. *Enseñanza de las Cienc-
cias* 10, 80(1985).